

Полянський О.С.¹,
Войналович О.В.²,
Мотрич М.М.²

¹ Харківський національний
технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка,
м. Харків, Україна

² Національний університет біоресурсів
і природокористування України,
м. Київ, Україна

**РОЗРАХУНОК ЙМОВІРНОСТІ АВАРІЙНОГО
СТАНУ ТРАКТОРА ЗА СТАТИСТИЧНИМИ
ДАНИМИ ДЕФЕКТОСКОПІЧНОГО КОНТРОЛЮ**

УДК 658.382.3

Встановлено, що для оцінення ймовірності настання аварійних ситуацій під час експлуатації тракторів доцільно використовувати статистичні методи розпізнавання задач технічної діагностики. На цій основі розроблено методу розрахунку умовних ймовірностей настання аварійного стану трактора, де проаналізовано дані не про лінійні розміри експлуатаційних дефектів, а наявні ознаки, що виявлено тріщини різного ступеню небезпеки щодо зруйнування деталі. Це дозволяє оцінити несправність трактора в ймовірнісному аспекті залежно від реалізації комплексу ознак, тобто для можливих варіантів наявності чи відсутності тріщин граничних та допустимих розмірів.

Ключові слова: діагностування, аварійний стан, дефектоскопічний контроль.

Вступ. Аналіз сучасного стану технічного забезпечення сільськогосподарського виробництва показує, що за винятком великих агропромхолдингів машинно-тракторний парк в Україні досяг критичної межі щодо тривалості експлуатації, морально та фізично застарів, зменшився кількісно, не забезпечує своєчасного виконання механізованих і транспортних робіт та є постійною загрозою як для механізаторів та інших працівників, так і для виробничого доквілля [11]. На безпеку експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки суттєво впливає наявність дефектів, що виникають після тривалої роботи в деталях та призводять до аварійних ситуацій.

Нині відсутні методичні засади надійного оцінення ступеню експлуатаційного пошкодження у деталях вузлів тракторів та самохідних сільськогосподарських машин (ССМ), а також впливу накопиченого пошкодження на ймовірність безпечної експлуатації за межами призначеного ресурсу. То ж актуальною є тема розроблення і запровадження методології прогнозування залишкового ресурсу тракторів і ССМ за даними неруйнівного (дефектоскопічного) контролю та оцінення ризику аварійних ситуацій..

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблема комплексного оцінення ризику аварійних ситуацій на виробництві з урахуванням ймовірності нещасних випадків та тяжкості їх наслідків для механізованих процесів сільського господарства є достатньо новою [9]. У роботах, присвячених аналізу небезпечних ситуацій на виробничих процесах сільського господарства із застосуванням машин та механізмів, здебільшого не враховують технічний стан агрегатів та його погіршення протягом експлуатації [13]. У загальнодержавних і галузевих статистичних звітах про обставини нещасних випадків в аграрному виробництві відсутні дані про ступінь небезпечності окремих типів машин, механізмів та устаткування, що не дозволяє оцінити їх ризик експлуатації [12].

У науково-технічній літературі з питань надійності та ризиків існує багато робіт із методології врахування грубих помилок оператора – виконавця окремих технологічних процесів [1, 8], зокрема й у сільському господарстві [3]. Але запропоновані моделі недостатньо формалізовано, вони здебільшого не дозволяють отримати кількісні показники безпеки обладнання, а дають лише якісну картину причин створення небезпечної ситуації. Щодо об'єктів сільськогосподарського виробництва, то у логіко-імітаційних

моделях для них задають ймовірності настання базових подій, як правило, без урахування статистики причин виробничого травматизму чи інших статистичних характеристик, що дозволяє обґрунтувати лише окремі працезохоронні заходи без поширення їх для інших об'єктів та технологій [6].

Разом з тим існує розуміння того, що виробнича аварійна ситуація, яка може призвести до нещасних випадків, – це випадкова величина, тому кількісне оцінення ризику аварійних режимів повинно описуватися ймовірнісними математичними моделями [10, 7].

Мета дослідження: розробити метод оцінення аварійного стану тракторів після тривалої експлуатації за даними дефектоскопічного контролю щодо накопичення у масиві деталей експлуатаційних тріщин граничних та допустимих розмірів.

Матеріали і методи дослідження. Для проведення дефектоскопічного контролю деталей тракторів МТЗ-80(82) у даній роботі було використано спеціалізований портативний вихорострумний дефектоскоп [5], розроблений Національним університетом біоресурсів і природокористування України разом з Інститутом проблем міцності ім. Г.С.Писаренка НАН України. Вибір вихорострумного методу дефектоскопії був зумовлений його високою вибірковістю щодо наявних у контрольованому матеріалі малих дефектів (тріщин).

У застосованому портативному дефектоскопі передбачено можливість перемикання діапазону чутливості та вибіркової приладу, що дає змогу виявляти тріщини, розміри яких більші певної величини, що важливо для дефектоскопії деталей тракторів після тривалої експлуатації. У результаті досліджень було встановлено, що використаний дефектоскоп дозволяє виявляти такі дефекти як тріщини та несучільності у поверхневих шарах електропровідних феромагнітних матеріалів незалежно від наявності лакофарбовального чи іншого покриття. Допустимий зазор між датчиком і контрольованою поверхнею – не більше 3-5 мм.

Було проведено дефектоскопічний контроль більше 50 тракторів, які перебували в експлуатації до 17 років з дати випуску. Дефектоскопічний контроль виконували під час проведення дефектування деталей цих тракторів, що надійшли для ремонту.

Результати дослідження. Для оцінення ймовірності настання аварійних ситуацій під час експлуатації тракторів МТЗ-80(82) у даній роботі застосовано статистичні методи розпізнавання задач технічної діагностики [2], використавши дані дефектоскопічного контролю. Методи технічної діагностики дозволяють оцінити (розпізнати) стан об'єкта за умов обмеженої інформації. Важливо коректно вибрати параметри, які описують стан об'єкту та мають бути достатньо інформативними, щоб за вибраної кількості діагнозів оцінити стан об'єкту.

Об'єктами діагностування у даному дослідженні було вибрано окремі вузли трактора. Розглядали два стани (діагнози) цих об'єктів: D_1 – справний та D_2 – несправний.

Аналізували випадки, коли несправність вузлів трактора зумовлена наявністю тріщин у деталях вузла. Діагностували об'єкти (вузли трактора) за комплексом ознак k , а саме: k_1 – наявність малих тріщин; k_2 – наявність тріщин середнього розміру; k_3 – наявність великих тріщин.

Запропонована методика розрахунку дозволяє оцінити, з якою ймовірністю можна віднести до одного із зазначених станів вузол трактора, в деталях якого виявлено тріщини, що зумовляють одразу чи через певний час зруйнування вузла, а отже буде створено аварійну ситуацію.

У розробленій методиці розрахунку ймовірності настання аварійних ситуацій було використано дані не про лінійні розміри виявлених дефектів, а саме ознаки, що знайдено тріщини різного ступеню небезпеки щодо зруйнування деталі. Звичайно розміри тріщин у масиві деталей вузлів тракторів різної тривалості експлуатації характеризуються непе-

первним розподілом. У даному випадку за допомогою комплексу ознак k отримано дискретне представлення розподілу. Таке нечітке представлення без зазначення лінійних розмірів тріщин зумовлено тим, що вузли трактора складаються з множини деталей різного поперечного перерізу в зонах поширення тріщин. Трирозрядне подання відповідає відносній величині розвинення тріщини у деталі щодо перерізу на час проведення діагностичного контролю.

Якщо попередньо обстежено N об'єктів, а з них N_i характеризується станом D_i , то на основі наявних даних ймовірність стану (апріорну ймовірність) можна визначити за формулою [2]

$$P(D_i) = N_i/N; \text{ де } i = 1,2. \quad (1)$$

Оскільки об'єкти перебувають в одному із вказаних станів, то $\sum P(D_i) = 1$.

Умовну ймовірність $P(k_j/D_i)$ наявності ознаки k_j в об'єктів зі станом D_i вводим так. Якщо серед N_i об'єктів, що характеризуються діагнозом D_i , у N_{ij} виявили ознаку k_j , то

$$P(k_j/D_i) = N_{ij}/N_i; \quad i = 1,2; \quad j = 1,2,3. \quad (2)$$

Ймовірність відсутності ознаки позначимо $P(\bar{k}_j/D_i)$. Тоді

$$P(\bar{k}_j/D_i) = 1 - P(k_j/D_i). \quad (3)$$

Подамо отримані у результаті діагностичного контролю статистичні дані для навісного пристрою трактора МТЗ-80(82) у вигляді діагностичної матриці (табл. 1), яку сформовано на основі даних про наявність тріщин у цьому пристрої.

Таблиця 1

Умовні ймовірності ознак та апріорні ймовірності станів навісного пристрою трактора МТЗ-80(82)

Стан вузла, D_i	$P(k_1/D_i)$	$P(k_2/D_i)$	$P(k_3/D_i)$	$P(D_i)$
Перебував у працездатному стані на момент контролю, D_1	0,41 (6)	0,13 (2)	0,066 (1)	0,31 (15)
Знятий з експлуатації, D_2	0,54 (18)	0,48 (16)	0,91 (30)	0,69 (33)

У табл. 1 та наступних аналогічних таблицях у дужках під значеннями розрахованих умовних ймовірностей ознак $P(k_j/D_i)$ вказано кількість виявлених під час дефектоскопічного контролю тріщин відповідного відносного розміру. Під значеннями апріорних ймовірностей станів вузла $P(D_i)$ вказано кількість вузлів, які на час проведення ремонту тракторів вважали несправними (саме з цієї причини трактор підлягав ремонту) і справними (умовно) – у них відмов не було зафіксовано.

У результаті діагностування стає відомою реалізація кожної ознаки k_j^* (наявність k_j чи її відсутність \bar{k}_j – виявлено чи ні під час дефектоскопічного контролю тріщину певного відносного розміру). Вкажемо всі можливі реалізації комплексу ознак: $k_1k_2k_3$, $\bar{k}_1k_2k_3$, $k_1\bar{k}_2k_3$, $k_1k_2\bar{k}_3$, $\bar{k}_1\bar{k}_2k_3$, $k_1\bar{k}_2\bar{k}_3$, $\bar{k}_1k_2\bar{k}_3$, $\bar{k}_1k_2k_3$. Ці ознаки відповідають наявності водночас малих, середніх і великих тріщин ($k_1k_2k_3$) у деталях вузла, бездефектності деталей вузла ($\bar{k}_1\bar{k}_2\bar{k}_3$), наявності водночас середніх і великих тріщин ($\bar{k}_1k_2k_3$) та іншим можливим поєднанням ознак.

Умовну ймовірність діагнозу D_i після того, як було виявлено в об'єкті комплекс ознак k^* , визначимо за формулою [2]

$$P(D_i/k^*) = P(D_i) \cdot P(k^*/D_i) / \left[\sum P(D_s) \cdot P(k^*/D_s) \right], \quad (4)$$

з якої випливає, що $\sum P(D_s/k^*) = 1$. Індекс $*$ означає певне значення (реалізацію) ознаки, а кількість станів $s = 2$.

Для діагностично незалежних ознак (допускаємо, що тріщини в деталях вузла не впливають на поширення дефектів в інших)

$$P(k^*/D_i) = P(k_1^*/D_i) \cdot P(k_2^*/D_i) \cdot P(k_3^*/D_i), \quad (5)$$

а тому формулу (4) можна записати у вигляді

$$P(D_i/k^*) = P(D_i) \cdot P(k_1^*/D_i) \cdot P(k_2^*/D_i) \cdot P(k_3^*/D_i) / \left[\sum P(D_s) \cdot P(k_1^*/D_s) \cdot P(k_2^*/D_s) \cdot P(k_3^*/D_s) \right]. \quad (6)$$

Знайдемо спочатку ймовірність стану D_1 вузла, якщо виявлено всі три ознаки k_1, k_2 та k_3 , тобто виявлено тріщини малого, середнього та великого розмірів. Оскільки ці ознаки незалежні, то скористаємося формулою (6). Тоді ймовірність перебування вузла у справному стані визначимо з формули

$$P(D_1/k_1k_2k_3) = (0,31 \cdot 0,41 \cdot 0,13 \cdot 0,066) / (0,31 \cdot 0,41 \cdot 0,13 \cdot 0,066 + 0,69 \cdot 0,54 \cdot 0,48 \cdot 0,91) = 0,007.$$

Визначимо ймовірність справного стану D_1 вузла, якщо в результаті обстеження було виявлено тріщини лише малого та середнього розміру, тобто відсутня ознака k_3 .

Відсутність ознаки k_3 можна інтерпретувати як супротивну подію – ознаку \bar{k}_3 . Тоді $P(\bar{k}_3/D_1) = 1 - 0,066 = 0,934$; $P(\bar{k}_3/D_2) = 1 - 0,91 = 0,09$.

Отже, замінивши у формулі (6) значення $P(k_3/D_1)$ на значення $P(\bar{k}_3/D_1)$, отримаємо $P(D_1/k_1k_2\bar{k}_3) = (0,31 \cdot 0,41 \cdot 0,13 \cdot 0,934) / (0,31 \cdot 0,41 \cdot 0,13 \cdot 0,934 + 0,69 \cdot 0,54 \cdot 0,48 \cdot 0,09) = 0,486$.

Провівши аналогічні обчислення для інших можливих варіантів наявності чи відсутності тріщин різного відносного розміру в деталях навісного пристрою трактора, отримані значення умовних ймовірностей станів залежно від реалізацій комплексу ознак подамо у вигляді табл. 2.

Таблиця 2

Апостеріарні ймовірності станів D_1 та D_2 продіагностованого навісного механізму трактора МТЗ-80

Апостеріарні ймовірності	Реалізації комплексу ознак							
	$k_1k_2k_3$	$\bar{k}_1k_2k_3$	$k_1\bar{k}_2k_3$	$k_1k_2\bar{k}_3$	$\bar{k}_1\bar{k}_2k_3$	$k_1\bar{k}_2\bar{k}_3$	$\bar{k}_1k_2\bar{k}_3$	$\bar{k}_1\bar{k}_2\bar{k}_3$
$P(D_1/k^*)$	0,007	0,012	0,040	0,486	0,068	0,855	0,625	0,900
$P(D_2/k^*)$	0,993	0,988	0,960	0,514	0,932	0,145	0,375	0,088

Аналогічні розрахунки ймовірностей виходу з ладу було виконано для інших вузлів трактора МТЗ-80 (82). У табл. 3 і 4 представлено розраховані згідно з розробленою методикою умовні ймовірності ознак і апостеріарних ймовірностей станів відповідно для системи рульового керування трактора МТЗ-80(82).

Таблиця 3

Умовні ймовірності ознак та апіорні ймовірності станів системи рульового керування трактора МТЗ-80(82)

Стан вузла, D_i	$P(k_1/D_i)$	$P(k_2/D_i)$	$P(k_3/D_i)$	$P(D_i)$
Перебував у працездатному стані на момент контролю, D_1	0,54 (6)	0,27 (3)	0,09 (1)	0,22 (11)
Знятий з експлуатації, D_2	0,49 (18)	0,38 (14)	0,97 (36)	0,77 (37)

Апостеріарні ймовірності станів D_1 та D_2 продіагностованої системи
 рульового керування трактора МТЗ-80

Апостеріарні ймовірності	Реалізації комплексу ознак							
	$k_1 k_2 k_3$	$\bar{k}_1 k_2 k_3$	$k_1 \bar{k}_2 k_3$	$k_1 k_2 \bar{k}_3$	$\bar{k}_1 \bar{k}_2 k_3$	$k_1 \bar{k}_2 \bar{k}_3$	$\bar{k}_1 k_2 \bar{k}_3$	$\bar{k}_1 \bar{k}_2 \bar{k}_3$
$P(D_1/k^*)$	0,021	0,017	0,035	0,876	0,028	0,921	0,852	0,875
$P(D_2/k^*)$	0,979	0,983	0,965	0,124	0,972	0,079	0,148	0,095

Аналізуючи розраховані ймовірності станів (перебуває у справному стані чи ні), можна оцінити наскільки збільшиться ймовірність виходу з ладу вузла. Наприклад, якщо у деталі є тріщина некритичного розміру (середня), то цей випадок характеризується комплексом ознак $\bar{k}_1 k_2 \bar{k}_3$. Ці величини (зниження ймовірності працездатного стану вузла) відповідають збільшенню ймовірності виходу з ладу вузла і корелюють із зростанням ризику настання аварійних ситуацій.

Застосувавши методи логічного моделювання [4] та задавши ймовірність настання базових подій E_i як умовні ймовірності виходу з ладу окремих вузлів, можна розрахувати ймовірності настання аварійних ситуацій на механізованих і транспортних роботах за участі тракторів.

Ймовірність настання подій E_1, E_2, \dots, E_N , незалежних у сукупності, можна розрахувати за формулою

$$P(E_1 \cap E_2 \cap \dots \cap E_N) = P(E_1) \cdot P(E_2) \cdot \dots \cdot P(E_N). \quad (7)$$

Ймовірність настання хоча б однієї з N незалежних у сукупності подій можна визначити за формулою

$$P(E_1 \cup E_2 \cup \dots \cup E_N) = 1 - (1 - P(E_1)) \cdot (1 - P(E_2)) \cdot \dots \cdot (1 - P(E_N)). \quad (8)$$

Далі наведено розрахунок ймовірності настання аварійної ситуації на тракторі, у двох вузлах якого виявлено тріщини різної величини. Так, наприклад, у деталях навісного пристрою трактора розвинулася тріщина підкритичної величини (випадок $\bar{k}_1 k_2 \bar{k}_3$), а в деталях системи рульового керування – виявлено велику тріщину (випадок $\bar{k}_1 \bar{k}_2 \bar{k}_3$). Тоді ймовірність настання аварійної ситуації через вихід з ладу хоча б одного вузла визначимо з формули (8)

$$P = 1 - (1 - 0,375) \cdot (1 - 0,972) = 0,986.$$

Цей приклад показує, наскільки зростає ймовірність настання аварійної ситуації, а значить й ризик травмування працівників, із збільшенням кількості тріщин, навіть тих, що не досягли критичної (небезпечної) величини.

Висновки. У розробленій методиці розрахунку ймовірностей настання аварійних ситуацій за участі мобільної сільськогосподарської техніки проаналізовано дані не про лінійні розміри виявлених дефектів, а наявні ознаки, що виявлено тріщини різного ступеню небезпеки щодо зруйнування деталі. Це дозволяє оцінити несправність трактора в ймовірнісному аспекті залежно від реалізацій комплексу ознак, тобто для можливих варіантів наявності чи відсутності тріщин граничних та допустимих розмірів.

Література:

1. Баскаков В.П. Организационно-технологическое обеспечение снижения риска аварий и травм на угольных шахтах / В.П. Баскаков // Безопасность угледобычи: Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня. – 2007. – № ОВ 17.

2. Биргер И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер. – М.: «Машиностроение», 1978.
3. Бойко А.І. Аналіз структурної надійності кормодробарок як складних механічних систем / А.І. Бойко, А.В. Новицький // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2002. – № 49.
4. Вишняков Я.Д. Общая теория рисков: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Я.Д. Вишняков, Н.Н. Радаев. – 2-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2008.
5. Войналович О.В. Засоби виявлення експлуатаційних дефектів у деталях сільськогосподарських агрегатів для запобігання аваріям та нещасним випадкам / О.В. Войналович, О.А. Гнатюк, М.М. Мотрич // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – К., 2017. – Вип. 262.
6. Гогіташвілі Г.Г. Оцінювання професійного ризику в галузях сільськогосподарського виробництва України / Г.Г. Гогіташвілі, В.Ф. Камінський, В.М. Лапін та ін. // Вісник аграрної науки, 2010. – № 8.
7. Загородних А. Анализ методов оценки аварийности, травматизма и безопасности труда водителей транспортных средств в сельском хозяйстве / А. Загородних, С. Копылов // Охрана труда и техника безопасности в сельском хозяйстве. – 2009. – № 1.
8. Колобиліна О., Кравцова С. Розроблення комплексної методики ідентифікації небезпек та оцінки професійних ризиків в умовах виробничої діяльності підприємств / О. Колобиліна, С. Кравцова // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2013. – № 4.
9. Лехман С.Д. Індивідуальні ризики механізаторів на виробничих процесах АПК (та їх імовірнісна оцінка) / С.Д. Лехман, Н.В.Шейко // Науковий вісник Національного аграрного університету. Вип. 115: збірник наукових праць – К.: НАУ, 2007.
10. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. – К.: Основа, 2003.
11. Підлісецький Г.М. Економічні проблеми технічного забезпечення сільського господарства / Г.М. Підлісецький, В.Л. Товстопят // Економіка України. – 2008. – № 11.
12. Ткачук К.Н. Критерії оцінювання ризику нещасних випадків на виробництві / К.Н. Ткачук, А.О. Водяник // Проблеми охорони праці в Україні: зб. наук. праць ННДІОП. – 2005.
13. Шкрабак В.С. Прогнозирование опасности и риска травмирования работников АПК / В.С. Шкрабак, Ю.Н. Баранов, А.И. Пантюхин // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2010. – Вип. 37.

Summary

A. Polyanski, A. Voinalovych, M. Motrich Calculation of probability of emergency status of tractor on statistical data of defectoscopic control

It is established that in order to assess the probability of emergency situations during the operation of tractors, it is advisable to use statistical methods for recognizing the tasks of technical diagnostics. On this basis, a technique has been developed for calculating the conditional probability of a tractor's emergency condition, where the data are analyzed not about the linear dimensions of operational defects, but the available signs, cracks of varying degrees of danger of fracture of a part are found. This makes it possible to evaluate the tractor's malfunction in the probabilistic aspect, depending on the realizations of the complex of characteristics, that is, for possible options for the presence or absence of cracks in the limiting and permissible sizes.

Keywords: cracks in details of tractors, defectoscopic control, probability of emergency situations.

References

1. Baskakov V.P. Organizacionno-tehnologicheskoe obespechenie snizheniya riska avarij i travm na ugolnyh shahtah / V.P. Baskakov // Bezopasnost ugledobychi: Otdelnyj vypusk Gornogo informacionno-analiticheskogo byulletenya. – 2007. – № OV 17.
2. Birger I.A. Tehnicheskaya diagnostika / I.A. Birger. – M.: «Mashinostroenie», 1978.
3. Bojko A.I. Analiz strukturnoyi nadijnosti kormodrobarok yak skladnih mehanichnih sistem / A.I. Bojko, A.V. Novickij // Naukovij visnik Nacionalnogo agrarnogo universitetu. – 2002. – № 49.
4. Vishnyakov Ya.D. Obshaya teoriya riskov : ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij / Ya.D. Vishnyakov, N.N. Radaev. – 2-e izd., ispr. – M.: Izdatelskij centr «Akademiya», 2008.
5. Vojnalovich O.V. Zasobi viyavleniya ekspluataciynih defektiv u detalyah silskogospodarskih agregativ dlya zapobigannya avariyam ta neshasnim vipadkam / O.V. Vojnalovich, O.A. Gnatyuk, M.M. Motrich // Naukovij visnik Nacionalnogo universitetu bioresursiv i prirodkoristuvannya Ukrayini. Seriya: tehnika ta energetika APK. – K., 2017. – Vip. 262.
6. Gogitashvili G.G. Ocinyuvannya profesijnogo riziku v galuzyah silskogospodarskogo virobництва Ukrayini / G.G. Gogitashvili, V.F. Kaminskij, V.M. Lapin ta in. // Visnik agrarnoyi nauki, 2010. – № 8.
7. Zagorodnih A. Analiz metodov ocenki avarijnosti, travmatizma i bezopasnosti truda voditelej transportnyh sredstv v selskom hozyajstve / A. Zagorodnih, S. Kopylov // Ohrana truda i tehnika bezopasnosti v selskom hozyajstve. – 2009. – № 1.
8. Kolobilina O., Kravcova S. Rozroblyannya kompleksnoyi metodiki identifikaciyi nebezpek ta ocinki profesijnih rizikov v umovah virobничoyi diyalnosti pidpriemstv / O. Kolobilina, S. Kravcova // Standartizaciya, sertifikaciya, yakist. – 2013. – № 4.
9. Lehman S.D. Individualni riziki mehanizatoriv na virobничih procesah APK (ta yih imovirnisna ocinka) / S.D. Lehman, N.V. Shejko // Naukovij visnik Nacionalnogo agrarnogo universitetu. Vip. 115: zbirnik naukovih prac – K.: NAU, 2007.
10. Metodika viznachennya rizikov ta yih priyvatnih rivniv dlya deklaruvannya bezpeki ob'ektiv pidvishenoyi nebezpeki. – K.: Osnova, 2003.
11. Pidliseckij G.M. Ekonomichni problemi tehničnogo zabezpechennya silskogo gospodarstva / G.M. Pidliseckij, V.L. Tovstopyat // Ekonomika Ukrayini. – 2008. – № 11.
12. Tkachuk K.N. Kriteriyi ocinyuvannya riziku neshasnih vipadkiv na virobничvi / K.N. Tkachuk, A.O. Vodyanik // Problemi ohoroni praci v Ukrayini: zb. nauk. prac NNDIOP. – 2005.
13. Shkrabak V.S. Prognozirovanie opasnosti i riska travmirovaniya rabotnikov APK / V.S. Shkrabak, Yu.N. Baranov, A.I. Pantyuhin // Visnik Odeskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnictva ta arhitekturi. – 2010. – Vip. 37.